

H17/B02 電気・水素エネルギーシステム(1節 共同プロジェクト研究の理念と概要, 第4章 共同プロジェクト研究)

雑誌名	東北大学電気通信研究所研究活動報告
号	14
ページ	207-209
発行年	2007
URL	http://hdl.handle.net/10097/40803

課題番号 H17/B02

採択回数 1 2 **3**

電気・水素エネルギーシステム

[1] 組織

代表者：濱島 高太郎

(東北大学大学院工学研究科)

対応者：村岡 裕明

(東北大学電気通信研究所)

分担者：

一ノ倉 理 (東北大学大学院工学研究科)

渡辺 和雄 (東北大学金属材料研究所)

大平 勝秀 (東北大学流体科学研究所)

船木 一夫 (九州大学超電導システム科学研究センター)

柁川 一弘 (九州大学 大学院システム情報科学研究科)

住吉 文夫 (鹿児島大学工学部)

熊倉 浩明 (物質材料研究機構超電導材料研究センター)

白井 康之 (京都大学大学院エネルギー技術研究部門)

中村 武恒 (京都大学大学院工学研究科)

中込 秀樹 (千葉大学工学部)

新富 孝和 (日本大学大学院総合科学研究科)

平林 洋美 (高エネルギー加速器研究機)

楨田 康博 (高エネルギー加速器研究機)

武田 実 (神戸大学 海事科学部)

坂本 正典 (東京理科大学 総合科学技術経営研究科)

野村 新一 (東京工業大学 原子炉工学研究所)

山田 修一 (核融合科学研究所)

津田 理 (東北大学大学院工学研究科)

谷貝 剛 (東北大学大学院工学研究科)

研究費：校費 48825 円，旅費 172,840 円

[2] 研究経過

世界人口や IT 産業の急速な発展により，エネルギーは急激な増加の一途を辿っている。そのために，地球環境に優しい電気エネルギーシステムを早急に構築する必要がある。液体水素は超電導電力機器を

冷却すると同時に，燃料電池の燃料としての役割を果たすことができる。よって，このようなシナジー効果を活かすことにより，液体水素と超電導と燃料電池をキーテクノロジーとした付加価値の高い電気・水素複合エネルギーシステムが可能となる。以上より，本プロジェクトでは，電気・水素複合エネルギーシステムの構築を目的とした研究開発を行っている。本プロジェクトは，本年度が3年目であり，本年度の研究活動状況の概要は，以下の通りである。

電気エネルギーの省エネ化で必須となる超電導技術と水素技術を融合・複合した新しいエネルギーシステムを構築するには，様々な応用システムの考え方や，水素関連技術、エネルギーシステム技術などの要素技術開発状況を把握し，理解する必要がある。そこで，本年度は，(1)液体水素冷却超電導応用機器 (SMES, モータなど)，(2)液体水素利用超電導システム (分散電源，自動車など)，(3)水素燃料の製造・輸送技術等に着目し，電気・水素複合エネルギーシステムを実現するための技術的課題を明確にするとともに，課題解決のための具体的な施策について検討することにした。そして，これらの要素技術に対する理解を深めるために，基礎研究や応用研究に携わる各分野の研究者を集め，「第3回電気・水素複合エネルギーシステム研究会」を開催し，要素技術に関する検討を行った。

(研究発表会の開催状況)

第3回電気・水素複合エネルギーシステム研究会

日時：平成20年1月11日(金) 13:00 ~ 17:30

会場：東北大学 工学部 電気・情報系 1号館 103室

- (1) 「ICEV(Dual Fuel)・FCHV・EV の比較検討」
平林洋美 (高エネルギー加速器研究機)
- (2) 「液体水素冷却 SMES の検討」
新富孝和 (日本大学大学院総合科学研究科)
- (3) 「離島におけるエネルギーベストミックス・・・
宮古島をモチーフにした自然エネルギー導入プラン」
坂本正典 (東京理科大学総合科学技術経営研究科)

- (4) 「核融合による発電と水素燃料の製造・輸送」
山田修一（核融合科学研究所）
- (5) 「液体水素用液位センサおよび循環移送ポンプへのMgB₂超電導線材応用」
柁川一弘（九州大学大学院システム情報科学研究所）
船木一夫（九州大学超電導システム科学研究センター）
中村武恒（京都大学大学院工学研究科）
- (6) 「液体水素循環移送ポンプを指向したMgB₂超電導誘導/同期モータの基礎検討」
中村武恒（京都大学大学院工学研究科）
柁川一弘（九州大学大学院システム情報科学研究所）
- (7) 「スラッシュ窒素の熱・流動特性について—スラッシュ水素実用化に向けて—」
大平勝秀（東北大学流体科学研究所）
- (8) 「液体水素ピンホール漏えいジェットの微粒化過程に関する融合CFD予測」
石本淳（東北大学流体科学研究所）
- (9) 「超電導ケーブルとスラッシュ窒素を利用した冷熱供給システム」
山本恵一（前川製作所）
- (10) 「超電導マイクログリッドの基礎研究」
中山知紀（東北大学大学院工学研究科）

[3] 成果

(3-1) 研究成果

本年度は、電気・水素複合エネルギーシステムを実現するための技術的課題を明確にするために、電気・水素複合エネルギーシステムの構築に必要な以下の要素技術を取り上げ、現状を把握するとともに、今後の課題等について検討を行った。その主な研究成果を以下に示す。

(1) 液体水素の自動車応用技術

地球温暖化防止や化石エネルギーからの脱却に備え現在開発中の各種自動車（ICEV, FCHV, EV）において、それぞれの特長や課題を把握するとともに、水素利用の観点から、各種自動車の有効性について比較検討を行った。その結果、ICEVについては、液体水素の供給インフラが整備されれば、90%以上の二酸化炭素排出削減が可能であり、その実現には、移動体における水素貯蔵技術（高性能断熱技術）の構築が重要であることがわかった。また、FCHVにおいては、省エネ化には有効であるものの、燃料電池における新たな触媒の探査が不可欠となることがわかった。

(2) 電力貯蔵技術

総合病院やハイテク工場などへの利用を想定した、

液体水素冷却 HTS・SMES と FC（水素エネルギー）の複合非常用電源装置について検討を行った。

その結果、SMES の高速応答性と大きな入出力特性、液体水素の高エネルギー密度を活かすことによって、相乗効果を期待でき、閉空間や隔離された地域に対しても有効であることがわかった。また、システム構成、実規模 SMES コイルの構成方法、冷却特性、交流損失特性などの詳細検討を行い、本システム実現に向けた課題を明らかにした。

(3) 水素燃料の製造・輸送技術

核融合による発電と水素燃料の製造および電力と水素燃料の同時輸送について検討を行った。特に、水素燃料の製造については、ヘリカル型核融合炉を例に挙げ、全出力を高圧水素ガスや液体水素製造に使用する場合や、出力の一部を液体水素製造に使用する場合について、製造量の比較検討を行った。また、1GW 級の電力と 100 トン/日の水素燃料を同時輸送するシステムの概念設計を行い、その適合性や有用性について検討を行った。その結果、液体水素の圧力を高くすることによって、超電導ケーブルの温度マージンの上昇が可能となること、1000km 程度のエネルギー輸送では、275kV の送電路に比べ、省エネ化が可能であることを明らかにした。

(4) 液体水素の液面検地技術

液体水素を用いた応用システムでは、液体水素の量を正確に把握しておく必要があることから、高精度、高信頼で大型化が可能な液面計の技術開発が必要となる。そこで、MgB₂ 線材を用いて、液体ヘリウムおよび液体水素中において、常電導伝播現象の観測および液面計動作の模擬試験を実施した。その結果、MgB₂ 線材を用いた試作センサが、液体水素用液面計に有効であることを確認した。また、実用化には、動作に必要な入力電力の低減化が不可欠であることを明らかにした。

(5) 液体水素冷却超電導応用機器技術

超電導技術と水素技術のシナジー効果を活かしたシステムを構築するには、液体水素の製造・供給システムの確立が重要となる。このうち、液体水素の製造・貯蔵先から需要地までの移送には、取り扱いが簡便で小型・高性能なポンプが不可欠となる。そこで、液体水素循環移送ポンプを指向した、1.5kW 級かご型超電導誘導/同期モータの概念設計を行った。その結果、20K で MgB₂ 線材を使用した場合に、最大同期トルク 27Nm、最大同期出力 9.8kW が得ることができ、MgB₂ 線材を用いた超電導誘導/同期モータが、ポンプ用モータとして有効であることを明らかにした。

(6) スラッシュ流体の輸送・貯蔵技術

超電導と水素の複合エネルギーシステムにスラッ

シユ水素を使用すると、ボイルオフガスやタンク容量を低減でき、輸送・貯蔵効率の向上を期待できる。しかし、スラッシュ流体を輸送・貯蔵面で実用化するには、配管内の熱・流動特性を明確にする必要がある。そこで、実験が容易なスラッシュ窒素を用いて管内の流動特性および強制対流熱伝達特性について検討を行った。その結果、レイノルズ数 10^5 以上（流速 3.5m/s 以上）において、圧力損失係数が液体時よりも減少すること、圧力損失低減量が、固相率・レイノルズ数などに依存することがわかった。また、固化率 $0\sim 20\%$ 時において、圧力損失低減効果が原因と考えられる熱伝達係数の低下が生じることを明らかにした。

(7) マイクログリッドシステム技術

地球への環境負荷低減には、再生可能エネルギーの活用が有効であり、中でも、水素を利用した燃料電池に期待が寄せられている。そこで、再生可能エネルギー源（風力発電、太陽光発電）、超電導ケーブル・SMES、燃料電池を組み合わせた、液体水素冷却の超電導マイクログリッドの運転制御方法について検討した。その結果、不安定な気候変動に伴う再生可能エネルギーの急激な出力変動に対しても、マイクログリッド内で電力不足が生じることなく、安定供給が可能になること、変動出力への対応や SMES 用超電導線材使用量低減の観点では、燃料電池の台数制御を行う方法が有効であること等を明らかにした。

(3-2) 波及効果と発展性など

本年度の研究により、将来の革新的な脱地球温暖化技術として期待される、電気・水素複合エネルギーシステムの構築に必要な関連要素技術に対する理解を深め、それらの研究開発状況や技術課題を把握することができた。これにより、関連要素技術開発や応用システム技術開発の方向性を明確にし、今後の電気・水素複合エネルギーシステム技術研究開発を効率的に進めることが可能になったと考える。今後は、同様の研究会や技術検討会を継続的にを行い、更に詳細なる要素技術課題の抽出や、電気・水素複合エネルギーシステム構築に向けた具体的な施策の提案を行っていく予定である。

また、本プロジェクトは、学外研究者との交流、研究者ネットワークの拡大、若手研究者の育成の点でも大きく貢献している。今後も継続して、研究会や技術検討会を開催し、更なる研究者ネットワークの拡大ならびに活発な技術討論環境の整備に努めていく予定である。

[4] 成果資料

(1) 濱島高太郎, 谷貝剛, 一ノ倉理, 斎藤浩海, 渡

辺和雄, 大平勝秀, 平林洋美, 新富孝和, 槇田康博, 熊倉浩明:「液体水素と超電導電力機器のシナジー効果」平成 17 年電気学会全国大会, 5-025, p27, 2005

- (2) 濱島高太郎, 津田理, 谷貝剛, 一ノ倉理, 渡辺和雄, 大平勝秀, 熊倉浩明, 平林洋美, 新富孝和, 槇田康博:「液体水素冷却超電導電力機器の検討」第 72 回春季低温工学・超電導学会講演概要集, p28, 2005
- (3) 平林洋美:「液体水素と超電導応用」低温工学, vol.40, pp.276-283, (2005)
- (4) 中山知紀, 谷貝剛, 津田理, 濱島高太郎:「液体水素冷却超電導コイルの安定性」超電導応用電力機器研究会, pp.67-71, 2006
- (5) T. Nakayama, T. Yagai, M. Tsuda, T. Hamajima: “Stability Analysis Of High Temperature Superconducting Coil In Liquid Hydrogen” 19th International Symposium On Superconductivity, Abstract p.360,(2006)
- (6) 濱島高太郎, 中山 知紀, 谷貝剛, 津田理:「液体水素冷却超電導電力機器」平成 18 年秋季低温工学・超電導学会 講演概要集 p.57,2006
- (7) 大平勝秀, 石本淳, 野澤正和:「スラッシュ水素実用化のための熱・流動現象の研究」第 77 回秋季低温工学・超電導学会講演概要集, p.287, 2007
- (8) 槇田康博, 平林洋美, 野村新一, 新富孝和:「液体水素冷却 SMES 用高温超電導コイル—高温超電導コイルの検討—」第 77 回秋季低温工学・超電導学会講演概要集, p.55, 2007
- (9) 柁川一弘, 中村武恒:「液体水素循環ポンプを指向した MgB₂ 超電導誘導/同期モータの提案—その 1 (基礎概念と MgB₂ 線材に要求される特性)」第 77 回秋季低温工学・超電導学会講演概要集, p.59, 2007
- (10) 中村武恒, 柁川一弘:「液体水素循環ポンプを指向した MgB₂ 超電導誘導/同期モータの提案—その 2 (モータの設計例と基礎特性)」第 77 回秋季低温工学・超電導学会講演概要集, p.60, 2007
- (11) 山田修一, 菱沼良光, 上出俊夫, K. シップル:「1GW 級の電力と水素燃料の同時輸送システムの研究」第 77 回秋季低温工学・超電導学会講演概要集, p.232, 2007
- (12) 佐藤工, 中山知紀, 谷貝剛, 津田理, 濱島高太郎:「水素と超電導の複合エネルギーシステムの検討」第 77 回秋季低温工学・超電導学会講演概要集, p.142, 2007